

Bodenbearbeitungstechnik

Thomas Herlitzius, Martin Hengst, Sören Geißler, Stefan Schwede

Kurzfassung

In der öffentlichen und politischen Diskussion ist die Landwirtschaft weiterhin präsent. Im Rahmen des Green Deal der Europäischen Union soll der Pflanzenschutzmitteleinsatz reduziert, der Düngereinsatz effizienter sowie die Freisetzung von im Boden gebundenem CO₂ vermieden werden [1]. Der Bodenbearbeitung kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Erosionsminderung, mechanische Unkrautregulierung sowie ein zielgerichtetes Zwischenfruchtmanagement stellen die Entwicklungsziele für die Bodenbearbeitungstechnik dar. Neben der exakten, ultraflachen Bearbeitung stellen neue Maschinenkonzepte durch Kombination von Verfahren einen Trend dar. Zudem rücken Möglichkeiten zur automatischen Einstellung und der aktiven Beeinflussung des Arbeitsergebnisses in den Vordergrund. Prototypische hochautomatisierte und autonome Maschinen für den Ackerbau geraten mehr und mehr ins Blickfeld. Aktuell liegt der Schwerpunkt auf der mechanischen Beikrautregulation, wobei das Anwendungsspektrum kontinuierlich auf weitere Bereiche, wie bspw. Aussaat und Bodenbearbeitung, ausgedehnt wird.

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Bodenbearbeitungstechnik, mechanische Unkrautregulierung, Kombinierte Bodenbearbeitung, Feldroboter

Tillage

Thomas Herlitzius, Martin Hengst, Sören Geißler, Stefan Schwede

Abstract

Agriculture remains broad in public and political discussion. As part of the Green Deal of the European Union, the use of pesticides should be reduced, the use of fertilizers should become more efficient and the emission of soil-bound CO₂ should be avoided [1]. In this context, tillage plays a central role. Erosion reduction, mechanical weed control and intertillage management are development goals for tillage technology. In addition to the exact and ultra-flat tillage, new machine concepts resulted by process-combination are a trend. In parallel, the possibilities for automatic settings and for actively influencing process results are in discussion. The prototyping of highly automated and autonomous machines for agricultural applications is continuing. Currently, the focus is on mechanical weed control, although the range of applications is continuously being extended to other areas, such as sowing and tillage.

Keywords

Tillage, tillage technology, mechanical weed control, combined tillage, field robotics

Allgemeine Entwicklung

Die Ausgangssituation für die Landwirte stellt sich durch die herausfordernden wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, kombiniert mit den Auswirkungen der Afrikanischen Schweinepest (ASP) auf den Schweinemarkt ungünstig dar. Laut des Konjunktur- und Investitionsbarometers Agrar wollen ca. 26 % der Landwirte aufgrund der Corona-Situation geplante Investitionen auf unbestimmte Zeit verschieben [2].

Dieser Situation zum Trotz erreichte die Landtechnikindustrie im Jahr 2020 ein Rekordergebnis. Mit einem Umsatz von 9 Mrd. € erreichten die in Deutschland produzierenden Landmaschinenhersteller ein Umsatzplus von 5 %. Im aktuellen Jahr wird mit einer weiteren Umsatzsteigerung gerechnet [3]. Durch den prognostizierten Mehraufwand in der Bodenbearbeitung durch mechanische Unkrautregulierung ist auch in diesem Bereich mit einem Zuwachs zu rechnen [4].

Mit dem Ziel einer nachhaltigen Intensivierung der Landwirtschaft rücken alternative Pflanzensysteme zunehmend in den Fokus von Untersuchungen. Ein Beispiel dafür ist das Spot-Farming. Hier werden die teilflächenspezifischen Eigenschaften der Anbaufläche in den Mittelpunkt der Pflanzenbaustrategie gestellt. Für den dadurch entstehenden kleinstrukturierten Ackerbau sind neue Maschinensysteme und -konzepte notwendig. Ein Lösungsansatz ist dabei der Einsatz von autonomen Feldrobotern [5].

Grundbodenbearbeitung

In den letzten Jahren wurden immer wieder Konzepte vorgestellt, die Parameter von passiven Werkzeugen während der Fahrt beeinflussen. Lemken stellt mit dem iQblue connect System eine elektronische Steuerung sowohl für den Pflug- als auch den Grubbereinsatz vor. Das System ist als Nachrüstset für die Arbeitsbreitenregelung beim Pflug und die Arbeitstiefenregelung beim Grubber ausgeführt. Am Beispiel Pflug wird über einen Winkelsensor die aktuelle Arbeitsbreite als Ist-Wert gemessen und an einen Jobrechner übermittelt. Je nach Sollvorgabe wird dann ein Steuerbefehl über ISO-Bus an das Traktor Terminal weitergegeben. Von dort aus werden die Steuergeräte des Traktors betätigt und die Arbeitsbreite hydraulisch verstellt. Der Vorteil besteht darin, dass keine zusätzlichen Ventile am Gerät nötig sind, sondern die traktoreigenen Ventile angesteuert werden können. Allerdings setzt das System das Tractor-Implement-Management System (TIM) voraus und muss von der Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) zertifiziert sein, um eine Kommunikation aufzubauen [6].

Konservierende Boden- und Stoppelbearbeitung

Die moderne Landwirtschaft stellt mit den Zielen Erosionsschutz, Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und Verminderung der CO₂-Emissionen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit unter anderen auch hohe Anforderungen an die Bodenbearbeitungstechnik. Diese kann zu den genannten Punkten durch konservierendes Arbeiten, mechanische Unkrautregulierung und ein zielgerichtetes Zwischenfruchtmanagement einen Beitrag leisten. Für die Anforderung

der exakten, ultraflachen Bodenbearbeitung (< 5 cm) und des ganzflächigen Schneidens werden von Seiten der Hersteller diverse Geräte mit unterschiedlichen Funktionsprinzipien angeboten.

Geräte mit Zinkenwerkzeugen

Um den Anforderungen an ein optimales Ergebnis bei minimalem Arbeitsaufwand gerecht zu werden, müssen Geräte ergonomisch vorteilhaft und präzise einstellbar sein, um sich im Feldeinsatz zu etablieren. Pöttinger stellt neue klappbare Kreiseleggen Lion 403 C und Lion 503 C mit 4,0 und 5,3 m Arbeitsbreite vor, bei denen die Arbeitstiefe seitlich gut erreichbar in 1 cm Abstufungen eingestellt werden kann [7].

Eine ebenfalls vereinfachte Handhabung bietet das Quicklink System von Amazone. Mit wenigen Handgriffen ist ein An- und Abkoppeln von Bodenbearbeitungs- und Sägeräten möglich. Es können Bestellkombination mit sowohl passiven als auch mit aktiven Bearbeitungsgeräten zusammengestellt werden [8].

Auch auf dem Gebiet der Flachgrubber setzt sich der Trend zur ganzflächigen, flachen Bodenbearbeitung fort. Bei Arbeitstiefen von weniger als 5 cm muss das Schar sicher in den Boden einziehen, die Wurzeln ganzflächig schneiden und Bodenkapillaren unterbrechen. Für dieses Anwendungsgebiet haben sowohl Lemken mit dem DeltaCut als auch Horsch mit dem TerraCut neue Schare im Angebot [9; 10]. Durch aufgelötete Hartmetalle behalten beide Schare dabei nach Herstellerangaben über die gesamte Standzeit annähernd die volle Arbeitsbreite. Dem Trend nach Hartmetallbeschichtungen folgt auch Pöttinger mit den Schmalscharen Durastar und Durastar Plus [11].

Geräte mit Scheibenwerkzeugen

Kurzscheibeneggen haben sich am Markt durch die große Flächenleistung bei geringem Zugkraftbedarf etabliert. Nahezu alle Hersteller bieten entsprechende Geräte mit Arbeitsbreiten bis zu 12 m an. Die Scheibenwerkzeuge (Durchmesser 40-70 cm) schneiden längs mit der Fahrtrichtung und wirken mischend. Insbesondere die schweren Baureihen mit großen Scheibendurchmessern arbeiten auch bei hohen Mengen an Ernteresten funktionssicher und verstopfungsfrei.

Die Weiterentwicklung der bekannten Maschinen beschränkte sich im vergangenen Jahr auf die Ergänzung von Arbeitsbreiten. Beispielsweise erweiterte die Firma Amazone ihr Angebot im Bereich der Kompaktscheibeneggen CatrosXL um größere Arbeitsbreiten bis 8 m. Zum Einmischen von organischem Material sind einzelaufgehängte, große Scheiben mit 620 mm Durchmesser und Gummi-Überlastsicherungen verbaut [12].

Striegel

Striegel werden zur ganzflächigen Unkrautregulierung vor oder nach Auflauf der Hauptkultur, sowie auch zunehmend zur ersten Stoppelpbearbeitung nach Raps und Getreide zur Auflaufbeschleunigung eingesetzt. Dabei kommen Zinken- und Rollstriegel zum Einsatz. Es werden hydraulisch klappbare, angebaute Maschinen mit Arbeitsbreiten in 6-9-12 m bis zu 15 m

(18 m) angeboten (APV-VS, Horsch Cura ST, Hatzenbichler Original Air Flow, Treffler Präzisionszinkenstriegel, Einböck Aerostar-Exact, CFS-STW) [13 bis 18] .

Aufgesattelte Maschinen sind von (12 m) 15-24 m (27 m) Arbeitsbreite verfügbar (Treffler Präzisionszinkenstriegel, Hatzenbichler „Original“, Einböck Aerostar, CMN Flexweeder) [15 bis 17; 19].

Nachlauf- und schneidende / zerkleinernde Werkzeuge

Zur Ergänzung der genannten Bodenbearbeitungselemente kommen vor- und nachgelagerte Werkzeuge zur Verbesserung der Strohzerkleinerung, -verteilung oder Rückverdichtung zum Einsatz. Ein Trend ist im Einsatz von Messerwalzen als vorlaufende Elemente erkennbar.

Messerwalzen werden zur intensiven Zerkleinerung von Ernteresten oder Zwischenfruchtbeständen eingesetzt. Zunehmend werden diese neben den Geräten für den Front- und Heckanbau mit bis zu 12 m Arbeitsbreite auch als vorlaufende Werkzeuge in Kurzscheibeneggen, Striegeln oder Flachgrubbern eingesetzt (z. B. Köckerling Allrounder Flatline, Väderstad Carrier, Kerner Stratos SA) [20 bis 22]. Mit Durchmessern von ca. 40 cm sind jeweils 6-8 Einzelwerkzeuge angebracht, welche quer zur Fahrtrichtung bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 20 km/h schneiden. Durch Kombination von Scheiben und Messern (z. B. Kerner X-Cut-Solo, Wallner Cutting Master) [23; 24] oder durch die Kombination von zwei Messerwalzen mit gegenläufiger Wendelung der Messer (z. B. Wallner WTM, Eidam Innomade MW) [24 bis 26] wird ein Kreuzschnitt erreicht, welcher eine möglichst gleichmäßige Zerkleinerung ermöglichen soll.

Auch die Form der Messer wird durch die Hersteller weiterentwickelt. Die Firma Wallner bietet neben glatten Messern ein gezacktes Profil an, welches nach Herstellerangaben die Zerkleinerungswirkung im Einsatz verbessert [24]. Die Firma Eidam Landtechnik bietet unter ihrer Marke InnoMade eine Schneidwalze mit spiralförmig geformten Messern an (**Bild 1**), welche über Schwingen gefedert am Rahmen aufgehangen sind. Nach Herstellerangaben läuft die Walze durch die genannten Maßnahmen sehr ruhig und ermöglicht Fahrgeschwindigkeiten bis zu 25 km/h. Die Maschine wird in Arbeitsbreiten 3 und 5 m für den Front-/ Heckanbau, sowie in 6 m für den Heckanbau angeboten. Der Anbaubock verfügt optional über einen Querzylinder, welcher in Schwimmstellung zum passiven Schwenken des Gerätes bei Lenkeinschlag sowie aktiv zur Lenkunterstützung bei Konturfahrten und gegen Hangabdrift genutzt werden kann [26].



Bild 1: Innomade Messerwalze mit spiralförmigen Messern [26]

Figure 1: Innomade Knife roller with spiral knives [26]

Verfahrenskombinationen

Die Herausforderungen des Klimawandels mit zunehmenden Trockenphasen und häufigeren Starkregenereignissen verändern das Anforderungsprofil an Ackerbausysteme. Erosionsschutz und die Bindung von CO₂ im Boden sowie die Förderung der Infiltrations-, Speicher und Dräufähigkeit der Böden gewinnt an Bedeutung.

Im Bereich des Ernterestmanagements wurde das Mulchen bisher als ergänzender Arbeitsgang nach der Ernte zur Aufbereitung von Ernteresten oder zur Bekämpfung von Schädlingen eingesetzt.

Die Maschinenkombination MU-Agriline von Mühling vereinigt Mulcher, Striegel und Walze in einem Gerät, um verbesserte Keimbedingungen für Ausfallraps zu schaffen und eine gleichmäßige Strohverteilung zu gewährleisten (**Bild 2**). Als Basis dient der Schlegelmulcher MU-PRO Vario mit Arbeitsbreiten von 2,8 bis 3,2 m. Der vorweglaufende Striegel besteht aus 16 Güttler NonStop Zinken, welche in ihrer Eingriffsintensität werkzeuglos verstellt werden können und bei Fahrtrichtung entgegen der Ernterichtung niedergefahrene Stoppeln aufrichten können. Die erzeugte Feinerde wird im Mulcher mit den Ernteresten vermengt und mittels der schweren Nachlaufwalze angedrückt. Die integrierte Güttlerwalze hat einen Durchmesser von 38 cm [27]. Damit entstehen nach Herstellerangaben verbesserte Keimbedingungen für Ausfallraps ohne die Gefahr einer Dormanz [28]. Das Einsatzspektrum der Maschine umfasst den ersten Arbeitsgang der Stoppelbearbeitung nach Mais, Getreide sowie zur Grünlandpflege. Erste Untersuchungen aus der Praxis bescheinigen dem System eine hohe Wirksamkeit [29].



Bild 2: Muthing MU-Agriline
Figure 2: Muthing MU-Agriline

Prozessregelung bei Bodenbearbeitungsgeräten

Neueste Bestrebungen in Forschung und Entwicklung haben das Ziel, den Prozess der Bodenbearbeitung zu automatisieren und aktiv auf das Arbeitsergebnis einzuwirken. Ein grundlegendes Modell zur Aufgabenbeschreibung für die Automatisierung personengeführte Maschinenkombinationen liefert beispielsweise Schmidt [30]. Das Verfahren „Grubbern“ unterteilt sich hierbei in die Aufgaben „Fahren“ und „Steuern und Überwachen des Arbeitsprozesses“. Prozessseitig besteht die Herausforderung darin, die Feldzustände sensorisch zu erfassen, um in geeigneter Weise auf wechselnde Bodenbedingungen, wie zum Beispiel unterschiedlicher Bewuchs, Bodenfeuchte/-Art, reagieren zu können. Der Effizienzgedanke spiegelt sich hier in einer minimalen notwendigen Bodenbewegung bzw. Bodenkrümelung wider.

Eine praktische Umsetzung, den Arbeitsprozess aktiv zu kontrollieren, ist die vom Startup Kronos vorgestellte Weiterentwicklung der Maschine Rotapull. Das Rotapull Evo-Modul besteht aus passiven Scharen und einem elektrisch angetriebenen Werkzeugrotor. Die elektrische Energie wird durch einen zapfwellenbetriebenen Generator (Valkyrie) bereitgestellt (**Bild 3**). Mit Hilfe der Werkzeugkombination wird der Boden ganzflächig geschnitten, gekrümelt und mit Pflanzenresten gemischt [31].

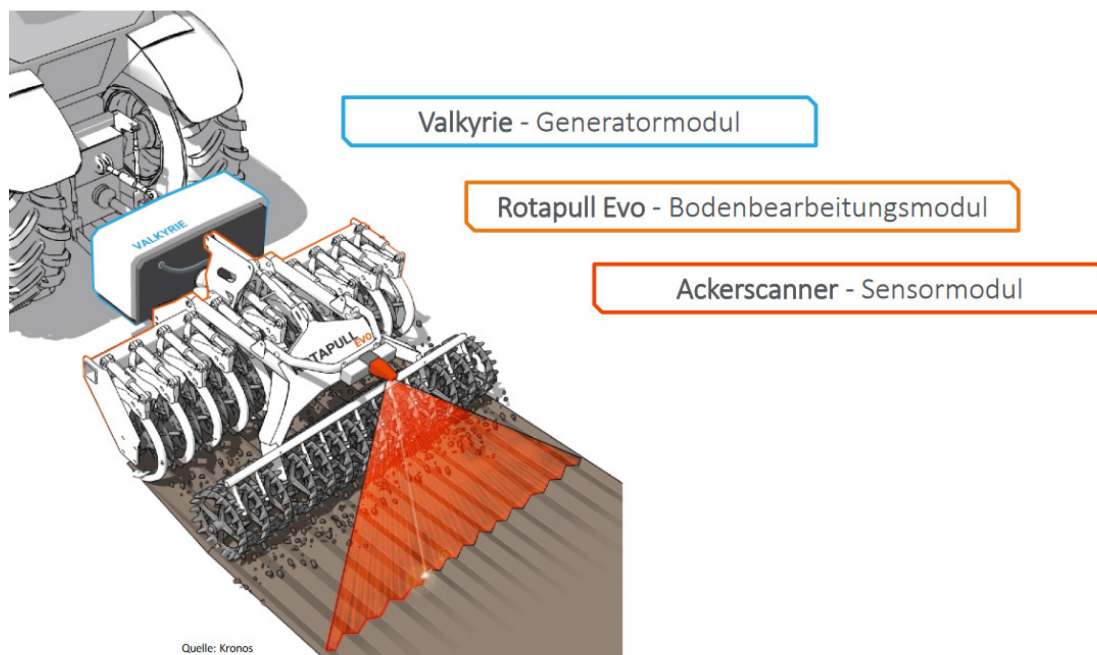


Bild 3: Kronos Bearbeitungssystem bestehend aus Zapfwellengenerator (Valkyrie), Bearbeitungsmodul (Rotapull evo) und Sensormodul (Ackerscanner) [31]

Figure 3: Kronos processing system with PTO-generator-module (Valkyrie), tillage module (Rotapull evo) and sensor-module (Ackerscanner) [31]

Im Nachgang erfasst ein Laserscanner (Ackerscanner) die Oberfläche. Aus der Punktwolke werden Parameter zur Mikro- und Makrorauigkeit der bearbeiteten Oberfläche berechnet. Je nach Bearbeitungsstrategie kann die Arbeitsintensivität durch Drehzahlvariation des Rotors geregelt werden, womit auf verschiedene Bedingungen in Echtzeit reagiert werden kann. [31]

Bemerkenswert ist, dass noch vor 10 Jahren nur wenige Erkenntnisse hinsichtlich des Anwendungspotentials von Laserscannern bekannt waren [32]. Hingegen werden heute erfolgreich Systeme in beispielsweise der präzisen Bestimmung von Pflanzwachstum [33] als auch in der vorgestellten Erfassung des Arbeitsergebnisses von Bodenbearbeitungsgeräten angewendet.

Hochautomatisierte Systeme in der Bodenbearbeitung – Technik und Forschung

Der Einzug von hochautomatisierten und autonomen Maschinen in der Landtechnik und speziell im Bereich der Bodenbearbeitung und mechanischen Beikrautregulation hält nach wie vor an. Nach [34] wird davon ausgegangen, dass der Markt für diese Maschinen von 7,6 Mrd. USD im Jahre 2020 auf 20,6 Mrd. USD im Jahre 2025 steigen wird. Dabei wird von einer jährlichen Wachstumsrate von ca. 22,8 % ausgegangen. Auch hat die Anzahl der sich im Einsatz befindlichen Maschinen einen beachtlichen Stand erreicht. So sind nach Herstellerangaben 2020 bereits fast 2000 Feldroboter im Einsatz, wobei sich diese Zahl auf insgesamt 28 Hersteller und 31 unterschiedliche Maschinenmodelle verteilt [35]. Eine Übersicht und Einordnung der aufgelisteten Feldroboter gibt **Tabelle 1** wieder.

Tabelle 1: Übersicht der 2021 am Markt verfügbaren Feldroboter [35]
Table 1: List of robotic applications available on the market in 2021 [35]

Anwendungen	Einheiten im Markt	Anzahl der Hersteller	Wichtigste Herkunftsländer
Plattformsystem für unterschiedliche Anwendungen	1 ... 20	10	Verteilt über 7 Länder z. B.: NL (2), USA (2)
Mech. Beikrautregulation	1...1000	15	FR (6), NL (3) USA (2)
Chem. Pflanzenschutz	1 ... 15	3	CH, NL, USA
Sonderanwendungen	Prototypen	3	I, USA, ES
Gesamt		28	FR (7) USA (6) NL (6)

Demnach zählen Frankreich, USA und Niederlande zu den führenden Nationen für diese Art von Technologien und Maschinen. Speziell die französische Firma Naïo ist laut der Analyse der Hersteller mit der größten Anzahl von Maschinen im Markt vertreten. Die Pflanzenpflege, speziell die mechanische Beikrautregulation, ist dabei der mit Abstand führende Anwendungsbereich. Sehr oft ersetzen oder ergänzen diese Verfahren den chemischen Pflanzenschutz. Die meisten der 28 aufgeführten Hersteller befinden sich noch in frühen Entwicklungsphasen, wobei der Einsatz im Bereich der Bodenbearbeitung noch relativ gering ist. Gerade für diesen Einsatzbereich zeigen Kalkulationen, dass kleinere autonome Einheiten künftig wettbewerbsfähig sein können [36].

Neben der Wettbewerbsfähigkeit werden die Hemmnisse bzw. Hindernisse bei dem Einsatz hochautomatisierter Maschinen im Umgang mit Datenschutz und der Gefahr des Verlustes der Datenhoheit, sowie dem „Verlernen“ der landwirtschaftlichen Fähigkeiten und Kompetenzen durch die Bediener gesehen. Zudem spielen die aktuell teils hohen Anschaffungskosten und die oft nicht gegebene Kompatibilität zu bestehenden Maschinensystemen eine wichtige Rolle. Allerdings ist davon auszugehen, dass die mangelnde Verfügbarkeit von Fachkräften und die deutlich geringeren Arbeitserledigungskosten den Einsatz und die Verbreitung von autonomen Maschinen weiter vorantreiben [37]. Grundvoraussetzung dafür ist aber, dass potentielle Anwender Berührungsängste abbauen und sich kritisch mit den Maschinensystemen auseinandersetzen. Möglichkeiten dafür bieten beispielsweise Demonstrationen und praxisnahe Feldeinsätze. So testete beispielsweise die KWS SAAT SE & Co. KGaA (KWS) gemeinsam mit der Universität Göttingen und dem Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) im Zeitraum März bis September 2020 verschiedene Feldroboter auf unterschiedlichen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Zuckerrübenflächen. Im Fokus standen dabei die Aussaat sowie die mechanische und chemische Beikrautkontrolle [38].

Bild 4 vermittelt einen Eindruck der Dimensionen, wo autonome Systemansätze innerhalb der aktuellen Geräte- und Traktorentchnik angesiedelt sind. Die neue Welt der autonomen Maschinen besteht meist aus kleineren bis sehr kleinen Einheiten. Bei der Mehrzahl der Anwendungen handelt es sich um selbstfahrende Maschinen, die für eine bestimmte Anwendung

gebaut werden und die Mobilität und Prozessfunktionalität in ein Maschinenkonzept integrieren. Einzweckroboter adressieren inhärent kleinere Marktsegmente, was Nutzungsstunden und Plattformsynergien begrenzt [39]. Plattform- oder Werkzeugträgerkonzepte würden eine traktorähnliche Nutzung von nicht-prozessspezifischen Komponenten ermöglichen. Sie erhöhen jedoch die Komplexität und sind erst relevant, wenn Prozesswerkzeuge verfügbar sind bzw. eine Kompatibilität zur bestehenden Gerätemwelt gewährleistet ist.

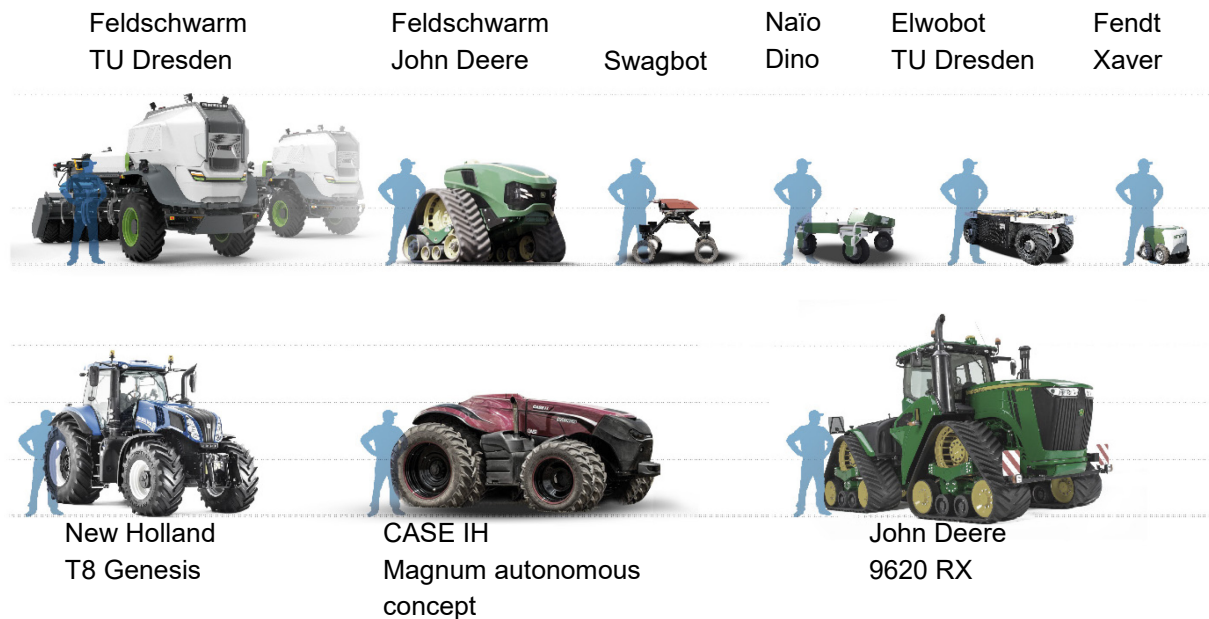


Bild 4: Größenverhältnis zwischen verschiedenen Feldrobotern und der aktuellen Traktorenwelt
Figure 4: Dimensional comparison between different robots and the current tractor world

Ein Robotik Ansatz, bei dem die Kompatibilität zu der aktuellen Gerätemwelt gewährleistet ist, wird von der niederländischen Firma AgXeed verfolgt. Der AgBot (**Bild 5 a**) ist ein autonomer dieselelektrischer Feldroboter (115 kW Motornennleistung) mit Raupenlaufwerk. Die Spurbreite kann je nach Laufwerk im Bereich von 1800 - 3200 mm variiert werden. Der Feldroboter verfügt in der Front und im Heck über einen Kraftheber (KAT II bzw. KAT III), sowie über PTO und Hydraulikanschlüsse [40]. Darüber hinaus erfüllt die Maschine die ISO 11783, wodurch sich in Kombination mit den Standardschnittstellen ein sehr breites Anwendungsspektrum ergibt. Die Navigation erfolgt über RTK GNSS, zudem werden verschiedene Sensoren (z. B. LIDAR und Ultraschall) für die Umfeldwahrnehmung und Hinderniserkennung genutzt. Für das Jahr 2021 ist die Fertigung von zehn Robotern geplant, darüber hinaus soll 2022 eine erste Vorserie starten. Der Verkaufspreis soll sich auf 249.500 € belaufen [41].



Bild 5: Robotiklösungen im Feldeinsatz; a) AgBot von AgXeed [40]; b) DOT® von Raven Industries [42]

Figure 5: Robotic solutions in the field; a) AgBot by AgXeed [40]; b) DOT® by Raven Industries [42]

Einen anderen Systemansatz verfolgt der autonome Geräteträger DOT® von Raven Industries. Durch die spezielle U-Rahmenstruktur können hier nur speziell konfektionierte Werkzeuge und Geräte eingebaut und verwendet werden. In Verbindung mit der mittigen Werkzeugaufnahme ermöglichen die einzeln schwenkbaren Räder eine sehr gute Wendigkeit. Dabei kann je nach Anwendung und Einsatzfall die Arbeitsfahrt entlang der kürzeren (entsprechend **Bild 5 b**) oder längeren Maschinenseite erfolgen. Die autonomen Geräteträger können aktuell für die Saat, Düngung und den chemischen Pflanzenschutz zum Einsatz kommen und verfügen über eine proprietäre Pfadplanung. Zudem können einzelne oder mehrere Maschinen über ein Tablet bedient werden. Aktuell sind 11 Einheiten im Einsatz. Für 2021 ist geplant, die Einheiten weltweit anzubieten, dabei beläuft sich der Kaufpreis auf ca. 700.000 USD (inkl. drei Werkzeuge) [35; 42].

Zusammenfassung

Die Entwicklungen und Tendenzen im Bereich der Bodenbearbeitung sind neben den hohen Ansprüchen an Produktivität und Wirtschaftlichkeit geprägt von gesellschaftlichen und politischen Anforderungen an die Landwirtschaft. Diese bestehen u. a. in der weiteren Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und des Nährstoffeintrages in die Umwelt sowie einer Vermeidung der Freisetzung von CO₂. Bei diesen Themenstellungen nimmt die Bodenbearbeitung eine zentrale Rolle ein. So können durch gezielte Bearbeitungsstrategien und Ernterestmanagements Beikrautbesatz und Schädlingsaufkommen positiv beeinflusst werden. Zudem kann eine Automatisierung einzelner Arbeitsschritte oder des gesamten Verfahrens ein gleichbleibend gutes Arbeitsergebnis sicherstellen, zu einer Ressourcenschonung beitragen und die optimale Nutzung der Ackerfläche gewährleisten.

Literatur

- [1] Garbert, J.: Green Deal: Die Ziele für die Landwirtschaft. Top Agrar (18.06.2020).
- [2] N.N.: Konjunkturbarometer Agrar – Stimmungslage der Landwirte weiter verschlechtert. Eilbote 5/2021, S. 10.
- [3] Goetz, C.: Landtechnikindustrie trotz Corona mit Rekordergebnis. URL – <https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/61369955>, Zugriff am 04.03.2021.
- [4] Batisweiler, C.: Landtechnikindustrie – Neuer Aufbruch für die Branche. Eilbote 51/2020, 10 ff.
- [5] Wegener, J. K. et al.: Spot farming - an alternative for future plant production. Journal für Kulturpflanzen 71 (2019) H. 4, S. 70-89.
- [6] N.N.: Lemken iQBlue Connect. URL – <https://lemken.com/de/lemken-aktuell/news/detail/detail/iqblue-connect-im-profi-test/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [7] N.N.: Neu: LION 103 C, klappbare Kreiseleggen PÖTTINGER Deutschland News. URL – https://www.poettinger.at/de_de/newsroom/artikel/12484/neu-lion-103-c-klappbare-kreiseleggen, Zugriff am 04.03.2021.
- [8] N.N.: Clever kombinieren mit QuickLink. URL – [/de-de/service-support/fuer-medien/pressemeldungen/aktuell/clever-kombinieren-mit-quicklink-230660](https://www.poettinger.at/de_de/service-support/fuer-medien/pressemeldungen/aktuell/clever-kombinieren-mit-quicklink-230660), Zugriff am 04.03.2021.
- [9] N.N.: Lemken DeltaCut. URL – <https://lemken.com/de/lemken-aktuell/news/detail/detail/ultraflach-mit-scheiben-und-zinken-1/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [10] N.N.: Horsch Terracut. URL – https://www.horsch.com/fileadmin/user_upload/downloads/de-german/Flyer/PR_TerraCut_Schar_DE_032020_web.pdf, Zugriff am 04.03.2021.
- [11] N.N.: Pöttinger Durastar. URL – https://www.poettinger.at/de_de/Newsroom/Artikel/11978/durastar-und-durastar-plus-grubberspitzen-halten-die-laenge#, Zugriff am 04.03.2021.
- [12] N.N.: Amazone Catros XL. URL – <https://amazone.net/de/service-support/fuer-medien/pressemeldungen/aktuell/catrosxl-von-4-m-bis-8-m-137656>, Zugriff am 04.03.2021.
- [13] N.N.: Striegelübersicht APV. URL – <https://www.apv.at/produkte/kulturpflege/ackerstriegel/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [14] N.N.: Striegelübersicht Horsch. URL – <https://www.horsch.com/produkte/hybrid-landwirtschaft/striegel/cura-st>, Zugriff am 04.03.2021.
- [15] N.N.: Striegelübersicht Hatzenbichler. URL – <https://www.hatzenbichler.com/de/original-striegel>, Zugriff am 04.03.2021.
- [16] N.N.: Striegelübersicht Treffler. URL – <https://www.treffler.net/agrartechnik/produkte/striegel/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [17] N.N.: Striegelübersicht Einböck. URL – https://www.einboeck.at/uploads/downloads/EINBOECK-Striegeltechnik_DE_08.pdf, Zugriff am 04.03.2021.

- [18] N.N.: Striegelübersicht CFS. URL – <https://cfs.farm/konstantdruckstriegel-stw/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [19] N.N.: CMN Striegelübersicht. URL – <https://de.cmn.dk/landbrugsmaskiner/unkrautbekämpfung/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [20] N.N.: Köckerling Allrounder Flatline. URL – <https://www.koeckerling.de/produkte/bodenbearbeitung/grubber/allrounder-flatline>, Zugriff am 04.03.2021.
- [21] N.N.: Väderstad Carrier. URL – <https://www.vaderstad.com/de/bodenbearbeitung/disc-cultivators/carrier-300-400/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [22] N.N.: Kerner Stratos SA. URL – maschinenbau.de/produkte/stratos-sa-500-600-750/, Zugriff am 04.03.2021.
- [23] N.N.: Kerner X-Cut Solo. URL – <https://www.kerner-maschinenbau.de/produkte/x-cut-solo-450-500-600-750/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [24] N.N.: Wallner Messerwalze. URL – <https://wallner-maschinen.de/messerwalze/>, Zugriff am 01.03.2021.
- [25] N.N.: Horsch Cultro TC. URL – <https://www.horsch.com/produkte/hybrid-landwirtschaft/striegel/cultro-tc>, Zugriff am 03.03.2021.
- [26] N.N.: Innomade MW. URL – https://www.eidam-landtechnik.de/fileadmin/user_upload/pdf/Prospekt_Messerwalze.pdf, Zugriff am 04.03.2021.
- [27] N.N.: Müthing MU-Agriline. URL – <https://muething-mulcher.de/pages/de/mulchgeraete/mu-agriline.php>, Zugriff am 02.03.2021.
- [28] N.N.: MU-Agriline-Beschreibung Werksvertretung. URL – <https://kurzenknabegmbh.de/muething-neues-multitalent-mu-agriline-mit-einer-kombination-aus-mulchen-und-bodenbearbeitung-fuer-den-professionellen-pflanzenbau>, Zugriff am 04.03.2021.
- [29] Brüse, C. und Schulz, S.: Olympiade der Stoppelbearbeitung. PROFI 03/2021, 22 ff.
- [30] Schmidt, M.: Beschreibung der Arbeitsaufgabe mit einer Traktor-Anbaugeräte-Kombination als Basis für die Automatisierung in der Landtechnik. LANDTECHNIK 75 (2020) H. 3.
- [31] N.N.: Kronos Dresden. URL – <https://www.kronos-dresden.de/produkte-leistungen/>, Zugriff am 04.03.2021.
- [32] Ehlert, D.; Heisig, M. und Giebel, A.: Einsatzpotenzial von Laserscannern im Pflanzenbau. LANDTECHNIK 65 (2010) H. 2, 99-101-99-101.
- [33] Saha, K. K.; Tsoulas, N. und Zude-Sasse, M.: Bewertung der Messunsicherheit bei der Analyse von Obstbäumen mit mobilem 2D-Laserscanner. LANDTECHNIK 75 (2020) H. 4.
- [34] Claver, H.: Farm robots market to be worth 20.6 Billion by 2025. Future farming. URL – <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/2/Farm-robots-market-to-be-worth-206-Billion-by-2025-535898E/>, Zugriff am 24.02.2020.
- [35] N.N.: World's first robot catalogue with 35 propositions. URL – <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/11/Worlds-first-robot-catalogue-with-35-propositions-677008E/>, Zugriff am 01.12.2020.

- [36] Witte, T.: Economic perspectives of small autonomous machines in arable farming. Journal für Kulturpflanzen 71 (2019) H. 4, S. 95-100.
- [37] Veltheim, F. R. von; Theuvsen, L. und Heise, H.: Akzeptanz autonomer Feldroboter im Ackerbaueinsatz: Status quo und Forschungsbedarf. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft (2019).
- [38] N.N.: KWS testet Unkrautroboter im Feld - KWS SAAT SE & Co. KGaA. URL – <https://www.kws.com/de/de/media-innovation/presse/press-corner/kws-testet-unkrautroboter-im-feld/>, Zugriff am 03.03.2021.
- [39] Ruckelshausen, A.: Autonome Feldroboter. 2010.
- [40] N.N.: AgXeed -Specs AgBot. URL – <https://agxeed.com/media-library/>, Zugriff am 25.02.2021.
- [41] N.N.: AgXeed robot tractor test drive: first impression. URL – <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/12/AgXeed-robot-tractor-test-drive-first-impression-675236E/>, Zugriff am 07.12.2020.
- [42] N.N.: Dot®. URL – <https://ravenprecision.com/raven-autonomy/driverless-ag-technology/dot/>, Zugriff am 25.02.2021.

Autorendaten

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Herlitzius ist Inhaber der Professur für Agrarsystemtechnik und Direktor des Instituts für Naturstofftechnik in der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden. Dipl.-Ing. Martin Hengst, Dipl.-Ing. Sören Geißler und Dipl.-Ing. Stefan Schwede sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Professur für Agrarsystemtechnik.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Herlitzius, Thomas; Hengst, Martin; Geißler, Sören; Schwede, Stefan: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2020. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2021. S. 1-13

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202012111244-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2020/chapter/bodenbearbeitung.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.